



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 57 995 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 16 D 65/12**  
F 16 D 69/02  
C 04 B 35/565

⑦① Aktenzeichen: 101 57 995.0  
⑦② Anmeldetag: 25. 11. 2001  
⑦③ Offenlegungstag: 12. 6. 2003

**DE 101 57 995 A 1**

⑦① Anmelder:  
Dr.Ing.h.c. F. Porsche AG, 70435 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Roland, Martin, Dipl.-Ing. (FH), 73432 Aalen, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

DE	44 38 455 C1
DE	198 34 542 A1
DE	44 45 226 A1
DE	38 74 349 T2
EP	03 70 476 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Herstellen einer Bremsscheibe mit Perforationen aus faserverstärktem Werkstoff

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Bremsscheibe aus faserverstärktem Werkstoff, wobei die Bremsscheibe mit Öffnungen versehen ist. Um die Herstellung der Öffnungen zu verbessern, wird vorgeschlagen, die Öffnungen in der Bremsscheibe während eines Urformprozesses der Bremsscheibe durch einen Verdrängungsprozess einzubringen.

**DE 101 57 995 A 1**

**Best Available Copy**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen einer Bremsscheibe mit bleibenden Perforationen aus faserverstärktem Werkstoff nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Bremsscheiben mit bleibenden Perforationen bzw. Bohrungen an sich sind bereits seit langem bekannt. Die Perforationen begünstigen insbesondere in Verbindung mit radialen und evolventenförmigen Belüftungskanälen die Kühlung der Bremsscheibe. Darüber hinaus ist das Ansprechverhalten der Bremse bei Nassbremsungen (d. h. die Bremsscheibe ist vor dem Bremsvorgang mit Wasser benetzt) verbessert, da das Wasser und auch der beim Bremsvorgang entstehende Wasserdampf durch die Perforation entweichen kann und sich zwischen Bremsbelag und Bremsscheibe kein die Bremswirkung minderndes Dampfpolster bildet.

[0003] Auch Bremsscheiben aus faserverstärkten Werkstoffen sind bereits bekannt. So zeigt die DE 44 38 455 C1 ein Verfahren zur Herstellung einer Reibeinheit, bei der ein poröser Kohlenstoffkörper mit flüssigem Silizium infiltriert wird. Hierbei wandelt sich das Silizium mit dem Kohlenstoff zu Siliziumkarbid  $\text{SiC}$  um. Der Kohlenstoffkörper ist vorzugsweise als Kohlenstofffaserkörper ausgeführt. Wird die Reibeinheit, hier eine Bremsscheibe, aus zwei Hälften zusammengesetzt, so können vor der Keramisierung in die Kohlenstoffkörper Ausnehmungen eingebracht werden, die sich durch das Zusammensetzen der Kohlenstoffkörper dann zu einem gemeinsamen Hohlraum, beispielsweise einem Kühlkanal, ergänzen.

[0004] Die DE 198 43 542 A1 offenbart ebenfalls ein Verfahren zur Herstellung von Körpern, die Verstärkungsfasern enthalten. Im Unterschied zur DE 44 38 455 C1 werden Fasern, Faserbündel oder Faseragglomerate verwendet und so ausgerichtet, dass die Verstärkungsfasern im Bereich der Ausnehmungen in der Bremsscheibe in etwa parallel zu den Seitenkanten der Ausnehmungen orientiert sind. Diese Bremsscheiben aus faserverstärkter Keramik sind weitestgehend beständig gegenüber Umwelteinflüssen; im Betrieb ist nur ein geringer Verschleiß nachweisbar.

[0005] Aus der DE 44 45 226 A1 ist eine Bremsscheibe aus einem kohlenstofffaserverstärktem Material bekannt, bei der zur besseren Kühlung radiale Kühlkanäle zwischen den Reibflächen der Bremsscheibe vorgesehen sind.

[0006] Aus der DE 38 74 349 T2 ist ein Verfahren zur Herstellung einer Bremsscheibe aus Kohlenstoff bekannt geworden, bei dem in ein poröses Substrat aus Kohlenstofffasern nach außen offene Löcher einzubringen. Nachfolgend wird das Substrat durch thermische Zersetzung eines Kohlenwasserstoffstromes verdichtet. Den im Substrat angebrachten Löcher dienen hierbei wesentlich dazu, die Wegstrecke des Gases im Substrat zu verringern. Die Löcher können beim Weben des Substrates vorgesehen werden oder durch Verschieben oder Auseinanderspreizen der Substratfasern erzeugt werden, ohne dass die Substratfasern zerschnitten werden, indem glatte und zugespitzte Nadeln in das Substrat eingedrückt werden. Nach der Herstellung der Bremsscheibe können die Löcher vollständig verschlossen werden.

[0007] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, die Herstellung von bleibenden Öffnungen in Bremsscheiben aus faserverstärktem Werkstoff zu verbessern.

[0008] Diese Aufgabe wird verfahrensgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, bleibende Öffnungen in der Bremsscheibe während eines Urformprozesses der Brems-

scheibe durch einen Verdrängungsprozess einzubringen. Der Erfindung liegt dabei die Erkenntnis zugrund, dass der Erhalt einer unbeschädigten Faserstruktur bei faserverstärkten Verbundwerkstoffen von großer Bedeutung für die Festigkeit ist. Werden die Öffnungen in den Bremsscheibe durch einen Verdrängungsprozess eingebracht, so werden hierbei die Fasern lediglich verdrängt, nicht aber beschädigt oder gar angeschnitten. Ein Anschnitt einer Faser bedeutet, dass der Faserkern dem Luftsauerstoff ausgesetzt und damit auch situationsgefährdet ist. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn die Öffnungen bleibend in der Bremsscheibe angeordnet sind, d. h. für den Betrieb der Bremsscheibe, bei dem durch die auftretenden Temperaturen der Luftsauerstoff die Fasern besonders stark angreift, nicht mehr verschlossen werden. Darüber hinaus ist durch den Verdrängungsprozess der Faserverlauf im Bereich der Öffnung verbessert. Die Öffnung stellt grundsätzlich eine Schwächung des Grundwerkstoffes dar. Durch den Verdrängungsprozess werden nun die Fasern am Rand der Öffnung parallel zum Rand der Öffnung ausgerichtet und verdichtet. Dadurch ergibt sich ein verbesserter Faserverlauf, durch den die Festigkeitsminderung, die durch die Öffnung hervorgerufen wird, wenigstens teilweise wieder ausgeglichen wird.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0010] So wird vorgeschlagen, dass die Öffnungen axiale Belüftungsöffnungen oder radiale Kühlkanäle zwischen Reibflächen der Bremsscheibe sind.

[0011] Die Öffnungen können auch axiale Öffnungen sein, die ausgehend von den Reibflächen der Bremsscheibe in die Bremsscheibe eingebracht sein. Diese axiale Öffnungen verlaufen entweder zwischen Reibflächen oder verbinden eine Reibfläche mit einem Kühlkanal. Dieser Kühlkanal muss dabei nicht zwangsläufig auch durch einen Verdrängungsprozess hergestellt sein.

[0012] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Öffnungen eingebracht werden, in dem zylindrische Verdrängungskörper in einen Rohling für die Bremsscheibe eingepresst werden. Durch die Verwendung eines zylindrischen Verdrängungskörpers werden Öffnungen erzeugt, die einer Bohrung entsprechen. In vorteilhafter Weise können der Verdrängungskörper nach der Art eines verlorenen Kernes auch im Rohling verbleiben, sofern sicher gestellt ist, dass das Material des Verdrängungskörpers in einem nachfolgenden Verfahrensschritt während des Herstellprozesses der Bremsscheibe beispielsweise durch Ausbrennen entfernt werden kann. Wenn die Verdrängungskörper nicht im Rohling verbleiben sollen, ist es von Vorteil, wenn sie leicht konisch ausgebildet sind. Durch diese Form lassen sich die Verdrängungskörper nach dem Einpressen erheblich leichter entfernen, da durch die konische Form beim Herausziehen der Verdrängungskörper nach dem Lösen kein Kontakt mehr zu den von den Verdrängungskörpern geformten Öffnungen besteht.

[0013] Darüber hinaus wird vorgeschlagen, nach dem Verdrängungsprozess eine Nachverdichtung vorzunehmen. Dies bedeutet, dass vor dem Verdrängungsprozess der Rohling für die Bremsscheibe nur vorverdichtet sein muss, so dass das Einbringen des Verdrängungskörpers ohne großen Kraftaufwand und damit auch ohne die Gefahr einer Verformung des Rohlings möglich ist. Das Nachverdichten verbessert darüber hinaus die Formgenauigkeit der Öffnung wie auch den Faserverlauf am Rand der Öffnung, das der Grundwerkstoff des Rohlings während des Nachverdichtens an den Verdrängungskörper angepresst wird.

[0014] Das zur Herstellung verwendete Werkzeug kann vorzugsweise aus einem Formgesenk bestehen, in dem Schieber oder Stifte zur Herstellung der Öffnungen versenkt

angeordnet sind. Bei Verwendung eines solchen Werkzeugs kann das erfindungsgemäße Verfahren ausgeführt werden, ohne dass das Werkzeug gewechselt werden müsste. Damit ist der Herstellprozess wesentlich vereinfacht und auch die Lage der Öffnungen in Bezug auf die Formgebung des Rohlings sicher gestellt.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren ist mit besonderen Vorteilen für Scheiben aus karbonfaserverstärktem Siliziumkarbid (C/C<sub>SiC</sub>) verwendbar. Dieser Werkstoff ist aufgrund seiner Sprödigkeit festigkeitsempfindlicher, so dass hier die verminderte Festigkeitsschwächung im Bereich der Öffnungen besonders wirksam ist. Darüber hinaus sind die verwendeten Karbonfasern empfindlich gegenüber Oxidation, so dass das Einbringen der Öffnungen ohne Beschädigung der Karbonfasern eine wesentliche Verbesserung der Festigkeit der Bremsscheibe im Betrieb erwarten lässt. Die Bremsscheibe besteht dabei vorzugsweise aus kurzfaserverstärktem Siliziumkarbid mit einer Faserlänge im Bereich von ca. 10 bis 50 mm.

[0016] Die Erfindung ist nachstehenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

[0017] Es zeigen:

[0018] Fig. 1 eine Bremsscheibe aus faserverstärkter Keramik,

[0019] Fig. 2 eine Explosionsdarstellung eines Reibringes der Bremsscheibe mit Formwerkzeugen,

[0020] Fig. 3 ein Presswerkzeug für eine Halbschale eines Reibringes der Bremsscheibe, und

[0021] Fig. 4a bis 4c einen Schnitt nach der Linie IV-IV der Fig. 3 während des Herstellprozesses des Rohlings für die Halbschale.

[0022] Die in Fig. 1 gezeigte Bremsscheibe besteht aus einem Reibring 1 und einem Bremsstopf 2. Der Reibring und der Bremsstopf 2 sind durch Befestigungselemente 3 miteinander verbunden. Die Befestigungselemente 3, die jeweils aus einer Hülse 3a und einer Schraube 3b bestehen, sind im Bremsstopf 2 so geführt, dass unterschiedliche thermische Dehnungen des Reibringes 1 und des Bremsstopfes 2 ausgeglichen werden.

[0023] Der Reibring 1 besteht aus faserverstärkter Keramik, genauer aus C-Faser verstärktem Siliziumkarbid (C/C<sub>SiC</sub>). Der Bremsstopf 2 wie auch die Befestigungselemente 3 sind aus Edelstahl gefertigt.

[0024] Der Reibring 1 weist außenseits zwei Reibflächen 4 auf, die mit hier nicht gezeigten Reibbelägen in Kontakt stehen. Üblicherweise ist die dargestellte Bremsscheibe für eine Teilbelag - Scheibenbremsanlage verwendet, d. h. die Reibbeläge überdecken jeweils nur einen Teil der Reibflächen 4.

[0025] Zur besseren Kühlung der Bremsscheibe sind innerhalb des Reibringes 1 Kühlkanäle 5 vorgesehen, die sich von einem inneren Umfang 6 evolventenförmig zu einem äußeren Umfang 7 erstrecken. Ausgehend von der Reibfläche 5 sind ferner Bohrungen 8 vorgesehen, die sich bis in die Kühlkanäle erstrecken.

[0026] Im Ausführungsbeispiel ist der Reibring 1 aus zwei Halbschalen 10 zusammengesetzt, wie dies prinzipiell aus der DE 44 38 455 C1 bekannt ist.

[0027] Fig. 2 zeigt in einer Explosionsdarstellung einen Rohling für einen Reibring 1, ein Gesenk 11 mit Stiften 13 und einen Pressstempel 12.

[0028] Fig. 3 zeigt im Schnitt ein Presswerkzeug für eine Halbschale 10 des Reibringes 1. Das Werkzeug besteht aus dem Gesenk 11 und dem Pressstempel 12. In das Gesenk 11 wird das zur Fertigung verwendete faserverstärkte Material eingefüllt und mit Hilfe des Pressstempels 12 im Gesenk 11 gleichmäßig verteilt. Nach einem ersten Pressschritt werden

die Stifte 13, die zunächst im Gesenk 11 versenkt gelagert sind (linke Hälfte der Fig. 3) in das Gesenk 11 hineingeschoben (rechte Hälfte der Fig. 3) und durchdringen dabei den noch weichen Rohling für die Halbschale 10. Der Kopf der Stifte 13 ist dabei in Form eines Kegels oder einer Kugelschale ausgeführt, um das Material der Halbschale 10 verdrängen zu können. Im Stempel 12 sind korrespondierende Aufnahmen 14 für den Kopf der Stifte 13 vorgesehen.

[0029] Fig. 4a bis 4c zeigen einen Schnitt nach der Linie IV-IV der Fig. 3 während des Herstellprozesses des Rohlings für die Halbschale 10. Fig. 4a zeigt einen Schnitt durch das Material nach dem ersten Pressschritt. Deutlich sind die Fasern 15 zu erkennen.

[0030] Fig. 4b zeigt den Zustand, nachdem der Stift 13 das Material verdrängt hat. Um den Stift 13 herum sind die Fasern 15 verdrängt und leicht verdichtet.

[0031] Fig. 4c zeigt den Verlauf der Fasern 15 im Bereich des Stiftes 13 nach einem abschließenden Verdichtungsschritt. Die Fasern 15 umschließen den Stift 13 (an dessen Stellen nachher die Öffnung 8 gebildet ist) eng und schmiegeln sich noch deutlicher an den Stift an.

[0032] Dieses Verfahren ist selbstverständlich nicht auf die Anwendung bei Halbschalen beschränkt. Wenn der Bremsring 1, wie in der DE 44 38 455 C1 ebenfalls vorgeschlagen, mit Hilfe eines Kernes einstückig hergestellt wird, so ist das vorstehend beschriebene Verfahren ebenfalls anwendbar, wobei an die Stelle des Stempels 12 der Kern tritt und der Stempel des Werkzeuges mit Stiften 13 analog zum Gesenk 11 versehen ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen einer Bremsscheibe aus faserverstärktem Werkstoff, wobei die Bremsscheibe mit bleibenden Öffnungen versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen anschließend an einen Urformprozess eines Rohlings der Bremsscheibe durch einen Verdrängungsprozeß eingebracht werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen radial und evolventenförmig verlaufende Kühlkanäle sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen axial verlaufende Belüftungsöffnungen sind.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Öffnungen die Oberfläche der Bremsscheibe mit zwischen Reibflächen angeordneten radial und evolventenförmig verlaufenden Kühlkanälen verbinden.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung der Belüftungsöffnungen zylindrische Verdrängungskörper in den Rohling eingepresst werden.
6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass zur Herstellung der Belüftungsöffnungen konische Verdrängungskörper in den Rohling eingepresst werden.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdrängungskörper nach dem Verdrängungsprozeß im Rohling verbleibt und in einem späteren Fertigungsschritt entfernt wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Verdrängungsprozeß eine Nachverdichtung des Rohlings folgt.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Durchführung des Verdrängungsprozesses ein Presswerkzeug für den Rohling verwendet wird, in dem die Verdrängungskör-

per bewegbar gehalten sind.

10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bremsscheibe aus Karbonfaser-verstärktem Siliziumkarbid besteht, wobei die Karbonfaser eine Länge von etwa 10 bis 50 mm aufweisen.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Best Available Copy

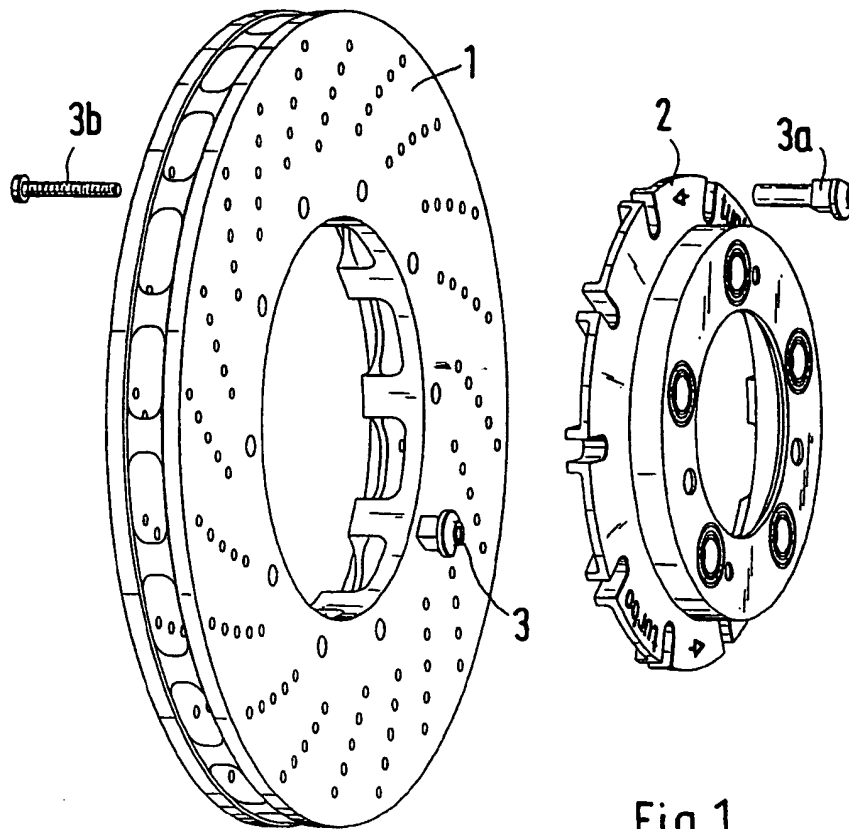


Fig.1

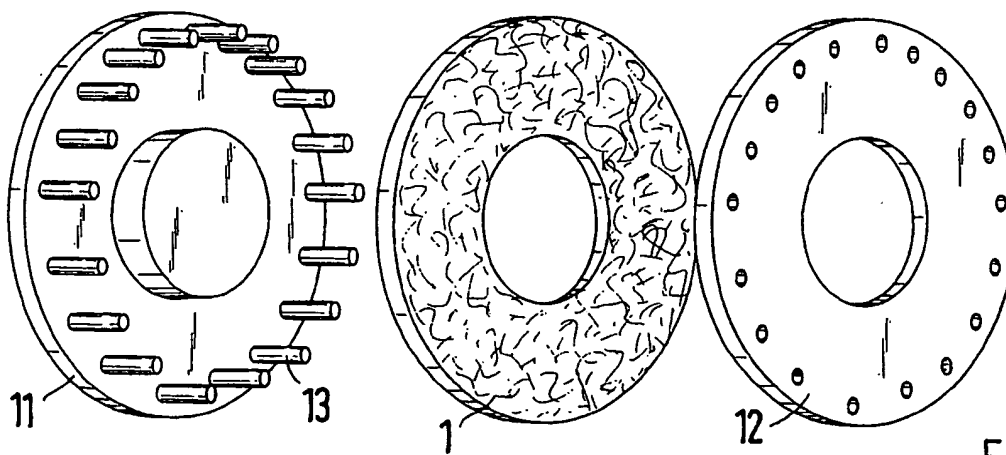
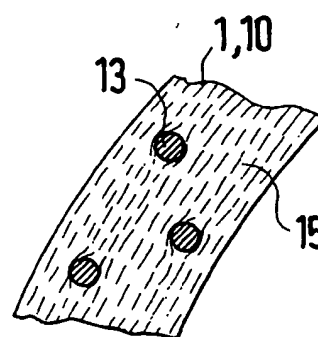
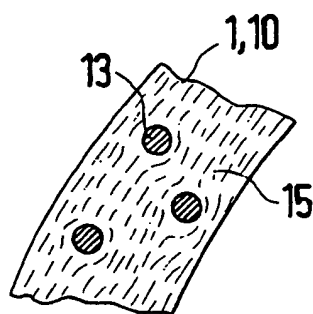
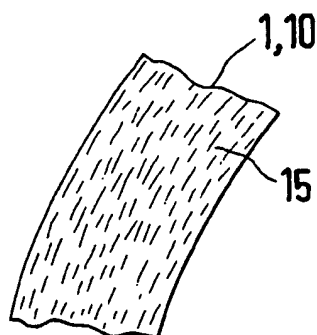
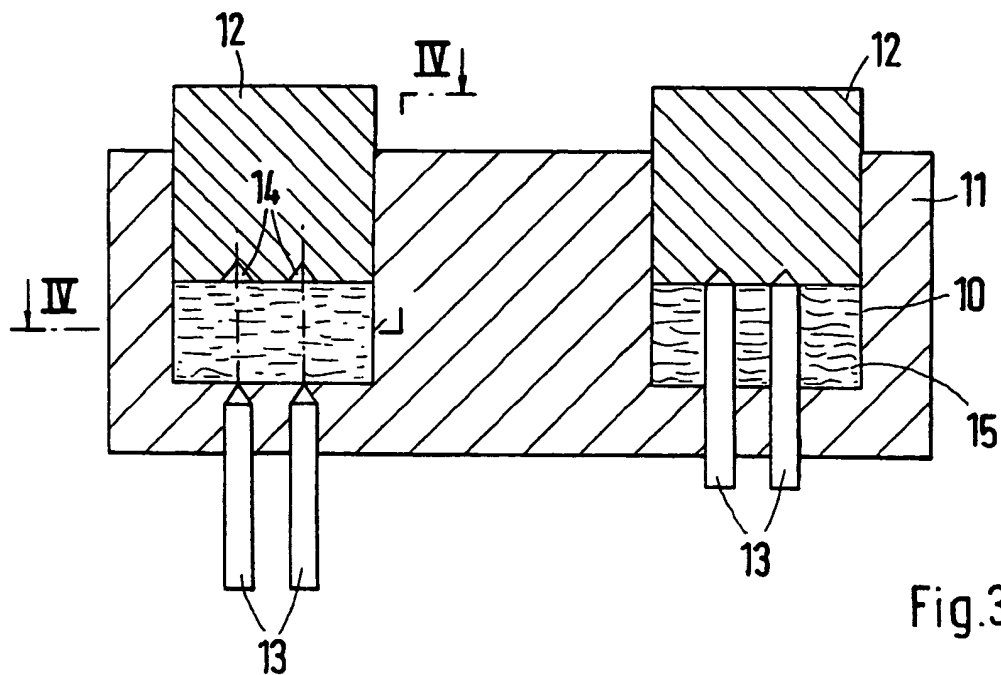


Fig.2

Best Available Copy

103 240/276



Best Available Copy